

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-014711

(43)Date of publication of application : 18.01.1990

(51)Int.Cl.

B01D 46/00

B01D 39/20

F01N 3/02

(21)Application number : 63-160979

(71)Applicant : IBIDEN CO LTD

(22)Date of filing : 30.06.1988

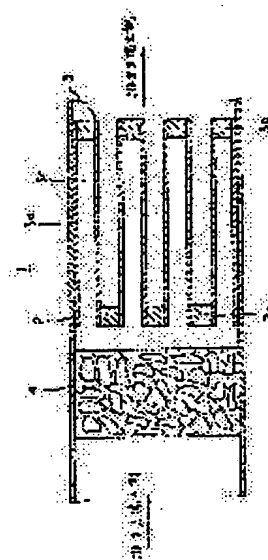
(72)Inventor : TSUKADA KIYOTAKA

(54) EXHAUST GAS CLEANING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To efficiently collect fine particles and to prolong the life of filter by disposing a ceramic skeleton structural body or a ceramic fibrous formation body in the upstream side and a honeycomb type filter in the downstream side of an exhaust gas flow passage.

CONSTITUTION: The ceramic skeleton structural body 4 or the ceramic fibrous formation body is disposed in the upstream side of the exhaust gas flow passage of an exhaust gas cleaning device 1, and, in the downstream side is disposed the honeycomb type filter 3 consisting of porous ceramic material provided with through-holes the end parts of which are sealed with plugs 3a, 3b. By this constitution, fine particles are collected by honeycomb type filter 3 as well as by the ceramic skeleton structural body 4 with the result that the collecting efficiency is improved. Moreover, the burnt fine practices which are generated by the regenerating combustion treatment of the honeycomb type filter, etc., are prevented from sticking and accumulating on the partition wall of the honeycomb type filter, so that the life of filter is elongated. When a pressure loss is increased, only the structural body 4 is necessary to be exchanged resulting in the advantage in cost.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-14711

⑤ Int. Cl.⁹

B 01 D 46/00
39/20
F 01 N 3/02

識別記号

3 0 2
D
3 0 1 B

庁内整理番号

6703-4D
6703-4D
7910-3G

⑬ 公開 平成2年(1990)1月18日

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全8頁)

⑭ 発明の名称 排ガス浄化装置

⑯ 特 願 昭63-160979

⑰ 出 願 昭63(1988)6月30日

⑱ 発 明 者 塚 田 輝 代 隆 岐阜県大垣市河間町3丁目200番地 イビデン株式会社内

⑲ 出 願 人 イビデン株式会社 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

⑳ 代 理 人 弁理士 津 国 肇

明 細 書

1. 発明の名称

排ガス浄化装置

2. 特許請求の範囲

1. セラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維より成る成形体と、所定の貫通孔の端部が封止された多孔質セラミック材より成るハニカム状フィルターとを備え、排ガスの流路に取り付けられる浄化装置であって、該流路の上流側にセラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維成形体を、下流側にハニカム状フィルターを配置したことを特徴とする排ガス浄化装置。

2. 前記ハニカム状フィルターと前記セラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維成形体との容積比率が0.3～2:1の割合である請求項1に記載の排ガス浄化装置。

3. 前記ハニカム状フィルターの開放気孔率が55～80 vol%であり、平均気孔径が15～40 μmである請求項1または2に記載の排ガス浄化装置。

4. 前記セラミックスケルトン構造体の開放気孔率が75～98 vol%であり、平均セル数が40～100セル/inchである請求項1～3いずれか1に記載の排ガス浄化装置。

5. 前記セラミック繊維成形体の開放気孔率が75～98 vol%以上であり、平均繊維径が0.5～100 μmである請求項1～3いずれか1に記載の排ガス浄化装置。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、気体中に含まれる微粒子、特に自動車の排ガス中に含まれるカーボンや未反応燃料等の微粒子を捕集・除去して排ガスを浄化するための排ガス浄化装置に関する。

[従来の技術及び発明が解決しようとする課題]

例えば第7図、第8図に示すような薄い隔壁3dを介して蜂の巣状に連なる無数の貫通孔3cを有するハニカム構造体の一方の端部に例えば縦横一つおきに封止材3aを充填して封止し、この封止した貫通孔に隣接している貫通孔3cの

他端部に封止材3bを充填して封止した多孔質隔壁からなるセラミック質のハニカム状フィルター3は、自動車のディーゼルエンジンを初めとして各種燃焼機器の排ガス中に含まれる微粒子を吸着して浄化する排ガス浄化装置に使用されている。

通常、排ガス中に含まれる微粒子は前記セラミック質ハニカム状フィルターの隔壁表面に捕集・蓄積されるので、長期に亘って使用すると、目詰まりが生じ圧力損失が高くなる。

従来、かかる欠点を解消する手段として、フィルターの微粒子捕集部、すなわち隔壁にニクロム線ヒーターなどの発熱金属を組合せて通電加熱したり、該捕集部に加熱空気を供給したり、あるいは燃料や火花放電を用いて加熱したり、さらには、フィルター自体をヒーターとして電極を設けて発熱させるなどして、前記微粒子を燃焼・除去してフィルターを再生する方法が採られている。また、上記した手段に触媒等を併用して燃焼効率を高めて再生する手段も行なわれている。

しかしながら、前記微粒子中、あるいは、各種

ら、該セラミックスケルトン構造体4を使用した場合、圧力損失は低く抑えることができて、捕集効率が比較的小さいという欠点を有している。したがって、自動車用の排ガス浄化装置に使用した場合等において、排ガス流入側の圧力変動が極めて激しい場合には、捕集された微粒子が吹き抜けてしまうことがあり、効率よくしかも安定して微粒子を捕集・除去することは困難となるおそれがある。

本発明は、上記した問題点を解消し、排ガス中に含まれる微粒子を効率的に捕集・除去でき、しかも長期に亘り使用しても圧力損失が小さく安定して使用することができる排ガス浄化装置の提供を目的とする。

〔課題を解決するための手段および作用〕

本発明の排ガス浄化装置は、セラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維より成る成形体と、所定の貫通孔の端部に封止された多孔質セラミック材より成るハニカム状フィルターとを備え、排ガスの流路に取り付けられる浄化装置で

燃焼器中に供給される燃料中には灰分などの金属化合物が少なからず含まれていたり、燃焼器内の構成部品が酸化したり摩耗したりして発生する金属微粉、あるいは、自動車用エンジン等における摺動用の潤滑オイルからの灰分等の不燃性微粒子が存在する。

これらの金属微粉あるいは灰分等の不燃性微粒子は可燃性微粒子とともに前記隔壁表面で捕集・蓄積されるが、前記フィルターの再生処理を行なっても除去されず、隔壁表面で化学反応を起こし、逆に一層強く付着して目詰まりしてしまう。したがって、長期に亘って使用すると圧力損失が徐々に高くなって、最終的にフィルターの再生が不可能となる、という欠点があった。

一方、高分子発泡体材料にセラミック泥漿を含浸し、該高分子発泡体材料を熱処理により消失せしめた後、さらに焼成して得られた第6図の一部拡大側面図に示すようなセラミックスケルトン構造体4を前記排ガス用浄化装置のフィルターとして使用することが考えられている。しかしなが

あって、該流路の上流側にセラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維成形体を、下流側にハニカム状フィルターを配置したことを特徴とする。

以下、図面に基づき本発明をさらに詳細に説明する。

第1図及び第2図は、模式的に示した本発明の排ガス浄化装置の縦断面図である。

すなわち、本発明の排ガス浄化装置1は、排ガス流路を形成している管2内に、排ガス中に含まれる不燃性微粒子と可燃性微粒子とを主として前記セラミックスケルトン構造体4あるいはセラミック繊維成形体5で捕集し、該セラミックスケルトン構造体4あるいはセラミック繊維成形体5で捕集されず吹き抜けた微粒子のみをハニカム状フィルター3の隔壁3dで捕集せんとするように両者を配置して成る装置である。

本発明の排ガス浄化装置1においては、前記セラミックスケルトン構造体4またはセラミック繊維成形体5と、ハニカム状フィルター3との配置

間係が上述の如くであれば、両者がその端面において互いに接するように配置してもよいし、また、間隙を有するように配置してもよい。

また、本発明によれば、前記ハニカム状フィルター3の開放気孔率は55~80 vol%であることが好ましい。開放気孔率が55 vol%よりも小さいとフィルター3内での圧力損失が高くなり、80 vol%を超えると圧力損失は小さくなるが、同時に隔壁の厚さが薄くなるので、フィルター3の機械的強度が小さくなるおそれがある。より好ましくは60~75 vol%である。また、以上のことと相俟って、隔壁の厚さは、0.1mm以上が好ましい。

隔壁3dの平均気孔径は15~40 μm であることが好ましい。15 μm よりも小さいと長期使用により不燃性の粒子が徐々に蓄積し、早期に気孔径が小さくなり、場合によっては閉塞して圧力損失が高くなり易く、一方、40 μm よりも大きいと閉塞はしないが捕集すべき粒子が吹き抜けてしまうおそれがある。

90%前後であることがより好適である。

また、平均セル数が40セル/inchよりも小さいと、排ガスとの接触表面積が小さくなり捕集効率が急激に低下してしまう。なかでも60セル/inch前後であることがより好適である。

セラミックスケルトン構造体4の材質としては、1000℃以上の融点を有するセラミックであれば何であってもよく、例えば、アルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア、カルシア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、炭化チタン、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、炭化ホウ素、窒化ホウ素、窒化チタン等のセラミックあるいはそれらの混合物、融合物等が挙げられる。

また、前記セラミック繊維成形体5は、セラミック繊維が相互に複雑に絡み合って成る成形体であり、その開放気孔率は75~98 vol%の範囲が好ましく、平均繊維径が0.5~100 μm の範囲の繊維を用いることが好ましい。

開放気孔率が75 vol%よりも小さいと、前記

なお、ハニカム状フィルター3は、常法の押出成形法、シート成形体巻き取り法、多孔性有機高分子体へのセラミックスラリー含浸法等により製造したもので、その材質としては一般的な材料である炭化ケイ素、コージェライト、ムライト、アルミナ、ホウ化ジルコニウム、炭化ホウ素、窒化ホウ素、窒化アルミニウム等を使用できるが、これらのうち熱伝導性が優れ、耐熱性も高く、フィルター3内に捕集された可燃性微粒子を燃焼除去するフィルター再生処理に伴う高熱をすみやかに系外に放出することができ溶損しにくい炭化ケイ素、ホウ化ジルコニウム、炭化ホウ素が好適である。

一方、前記セラミックスケルトン構造体4の開放気孔率は75~98 vol%の範囲が好ましく、平均セル数は40~100セル/inchであることが好ましい。

開放気孔率が75 vol%よりも小さいと、排ガス等の流体の通過抵抗が大きくなり前記微粒子によって短時間の間に圧力損失が高くなる。特に

セラミックスケルトン構造体と同様に圧力損失が高くなるからである。

また、平均繊維径が100 μm より大きいと排ガス等の流体との接触表面積、すなわち有効繊維表面積が低下し捕集効率が低下するからである。

前記セラミック繊維としては、SiC、 Al_2O_3 、ZrO₂、チラノ繊維、あるいはこれらの混合物が好ましい。

これらの成分で構成される繊維は、フィルターの再生燃焼時、すなわち可燃性微粒子の燃焼除去時において発生する熱に対して優れた耐熱性と耐酸化性を有しており、溶融したりしない。なかでもSiC繊維、 Al_2O_3 繊維、チラノ繊維が優れている。

また、本発明の排ガス浄化装置1を構成しているハニカム状フィルター3とセラミックスケルトン構造体4またはセラミック繊維成形体5との容積比率は0.3~2:1の割合であることが好ましい。

その理由はハニカム状フィルター3の容積が、

セラミックスケルトン構造体4またはセラミック繊維成形体5に対し0.3よりも小さいと、セラミックスケルトン構造体4またはセラミック繊維成形体5を吹き抜けて通過した微粒子がハニカム状フィルター3の隔壁3dの気孔を比較的早く閉塞してしまうおそれがあるからであり、一方、2より大きいとセラミックスケルトン構造体4あるいはセラミック繊維成形体5でろ過される微粒子の量が少なくなり、セラミックスケルトン構造体4あるいはセラミック繊維成形体5をハニカム状フィルター3よりも上流側に配した効果が減少し、比較的早期に圧力損失が高くなるためである。なかでも前記比率は、0.6~1.2:1がより好適である。

本発明の排ガス浄化装置1によれば、ハニカム状フィルター3のみでなく、その上流に配置されるセラミックスケルトン構造体4等にも多くの微粒子が捕集されるので、捕集効率が高く、かつ、ハニカム状フィルター3やセラミックスケルトン構造体4等の再生処理を行なっても、すなわち、

実施例1

炭化ケイ素98%、ホウ素0.1%からなる粉末より押出成形によって製造したハニカム状構造体に、封止材を該ハニカム構造体と同じ材料を使用して製造し所定の位置の貫通孔の端部に栓詰めた。このハニカム状フィルターは、隔壁の厚みが0.4mm、開口部寸法すなわち貫通孔の横断面形状が1.5×1.5mmの正方形であり、開放気孔率が61.3 vol%、隔壁の平均気孔径が31μm、直径142mm×長さ80mmであった。

一方、本実施例に使用したセラミックスケルトン構造体は次のようにして製造した。

まず、平均粒径0.3μmの主として炭化ケイ素よりなる粒子100重量部と無定形ホウ素0.3重量部および水60重量部と分散剤0.1重量部からなる泥漿を、直径140mm×70mm、空隙率89%、65セル/inchの市販のポリウレタン発泡体に含浸付着させ乾燥し、この含浸乾燥を4回繰り返した。乾燥は温度60℃、湿度60%の雰囲気中で24時間放置することによって行

加熱空気を加えたり、燃料を用いたり、あるいはそれらの手段に触媒を加える等の方法を施してハニカム状フィルター3等を燃焼する再生処理を行なっても残存してしまう不燃性微粒子を、前記セラミックスケルトン構造体4あるいはセラミック繊維成形体5に主として蓄積させることができる。

すなわち、従来のハニカム状フィルター3のみを備えた排ガス浄化装置のようにその隔壁3dのみで微粒子の捕集・除去を行なうのではなく、セラミックスケルトン構造体4またはセラミック繊維成形体5とハニカム状フィルター3の隔壁3dとの2段階のろ過手段が施されているので、不燃性微粒子の隔壁3dへの蓄積を極めて低く抑えることができる。長期使用により、セラミックスケルトン構造体4またはセラミック繊維成形体5に不燃性微粒子が多く蓄積した場合は、該セラミックスケルトン構造体4等のみを交換すればよく、ハニカム状フィルター3は引き続き使用することができる。

次に、本発明を実施例を用いて説明する。

なった。

そして、この成形体をアルゴン雰囲気中で10℃/Hrで加熱昇温し、最高温度500℃で前記有機物を消失させて、次いで、この成形体を密閉性のカーボンルツボ中で2100℃、アルゴン雰囲気下で焼成した。

このようにして得られたセラミックスケルトン構造体は、直径140mm×長さ70mm、平均セル数65セル/inch、空隙率88%であった。

なお、ハニカム状フィルターとセラミックスケルトン構造体との容積比率は1.1:1であった。

そして、第3図に示す排ガス浄化装置内において、排ガス流路の上流側に前記セラミックスケルトン構造体4を、下流側に前記ハニカム状フィルター3を配置して固定し、エンジン負荷100%、回転数3000rpmで発生したディーゼルバティキュレートを通した。

この時、前記セラミックスケルトン構造体4に流入する前の排ガスに含まれるバティキュレートの量をサンブ

リングし、前記スケルトン構造体及び前記ハニカム状フィルターを通過後の温度とガス量によりろ過効率を求め、さらに初期圧力損失を調べた。

運転時間は圧力損失が200mmHgとなるまで行なった。そして、前記スケルトン構造体とハニカム状フィルター自体を酸化雰囲気中、800℃で加熱して可燃性微粒子を完全に燃焼させ、両者の再生処理を行なった。

捕集効率および初期圧力損失を再生回数ごとに調べたのが第4図及び第5図である。

第4図から明らかなように初回の捕集効率は72%で100回の繰り返し再生を行なっても75%であり、高い捕集効率でその変動も少なかった。

また、第5図から明らかなように、初期圧力損失は初回と100回再生後とでは、初回が38mmHg、100回再生後が50mmHgと若干増加したにすぎず、少ない圧力損失で高い捕集効率を得ることができた。

100回再生後、このセラミックスケルトン構

造体を、前記と同様にして製造し同様の構造特性を有する新たなセラミックスケルトン構造体と交換し、圧力損失を測定したところ、39mmHgであり、ハニカム状フィルターにはほとんど不燃性微粒子が付着していないことが分かった。

比較例1

コーゼライト質によって実施例1と同様に封止材を充填してハニカム状フィルターを製造した。このハニカム状フィルターは、隔壁の厚みが0.4mm、貫通孔の横断面形状が1.5×1.5mmの正方形、開放気孔率が61.8vol%、隔壁の平均気孔径が25μm、直径142mm×長さ80mmであった。また、このハニカム状フィルターとまったく同条件で長さのみが異なる直径142mm×長さ70mmのものを製造した。なお、両者の容積比率は1.1:1であった。

本比較例においては、直径142mm×長さ70mmのハニカム状フィルターを実施例1のセラミックスケルトン構造体の代わりに使用した。すなわち、長さのみが異なる2つのハニカム状フィ

ルターを排ガス流路の上流側と下流側に配置した。そして、実施例1と同様にバティキュレート

比較例2

の捕集と圧力損失を測定し第4図、第5図において比較した。

第4図から明らかなように、捕集効率は最初78%であり、再生回数を増すごとに捕集効率は上昇する傾向があり、100回の再生時には93%と上昇変動した。

また、第5図から明らかなように、初期圧力損失は40mmHgであるが、再生回数を増すごとに初期圧力損失は上昇し、100回の再生では96mmHgとなり、フィルターの再生ごとに処理することのできる排ガス量も徐々に低下した。

すなわち、ハニカム状フィルターの隔壁の気孔、特に上流側に配置されたフィルターの気孔が徐々に目詰まりを生じ、再生燃焼処理を行なっても従来の気孔と同様にはならないことがわかった。したがって、この場合には、少なくとも1つのハニカム状フィルターを早期に交換しなければならず、生産コスト的に著しく不利であることが

分かった。

実施例1の上流側に使用した炭化ケイ素を主体とするセラミックスケルトン構造体で直径140mm×長さ80mmのものをハニカム状フィルターに代えて使用した。すなわち実施例1で使用した炭化ケイ素を主体とするセラミックスケルトン構造体のみで直径140mm×長さ70mmのものを上流側に、直径140mm×長さ80mmのものを下流側に配置し使用した。実施例1と同様にバティキュレートの捕集効率と圧力損失を測定した。

初期圧力損失は18mmHgで極めて低いが、捕集効率は38%で十分に処理していなかった。このことは再生回数を増してもほとんど変化がなかった。

また、エンジンの始動時にはエンジンの排ガス流量が急激に多くなり捕集粒子がほとんど吹き抜けてしまう現象を生じた。

実施例2～6、比較例3～7

上流側に配置するセラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維成形体と、下流側に配置するハニカム状フィルターの構造特性を次表に示すように種々に変化させて、実施例1と同様、捕集効率と初期圧力損失を再生回数ごとに測定した。

表から明らかな如く、実施例2～6では、初回と100回再生時とを比較すると、捕集効率が高く安定している一方、初期圧力損失はあまり上昇していないことが分かる。

一方、比較例3では、捕集効率が高くて初期圧力損失がいずれも極めて高く、比較例4～6では、捕集効率の上昇に伴ない初期圧力損失も大きく上昇し、また、比較例7では、捕集効率が極めて低いことが分かる。

表

	ハニカム状フィルター (下流側成形体)			上流側成形体				容 積 比 率 (下流側成形体 : 上流側成形体)	捕 集 効 率 (%)		初期圧力損失 (mmHg)	
	開放気孔率 (vol%)	平均気孔径 (μ m)	材 質	種 類	セル/inch 又は 平均繊維径 (μ m)	開放気孔率 (vol%)	材 質		再 生 回 数 0 回 100回	再 生 回 数 0 回 100回		
実施例 1	61.3	31	SiC	スケルトン	65 t μ /inch	88	SiC	1.1 : 1	72	75	38	50
2	61.3	31	SiC	繊 維	5.5 μ m	82	SiC	1.1 : 1	89	92	57	68
3	62.1	26	SiC	スケルトン	63 t μ /inch	87	Al ₂ O ₃	1.1 : 1	93	96	62	68
4	61.3	31	SiC	スケルトン	88 "	77	コーゼライト	1.1 : 1	79	84	53	61
5	61.3	31	SiC	繊 維	20 μ m	90	チタノ繊維	1.1 : 1	78	83	60	64
6	61.3	31	SiC	スケルトン	65 t μ /inch	88	SiC	1.5 : 1	86	93	44	59
比較例 1	61.8	25	コーゼライト	ハニカム	(平均気孔径) 25 μ m	25	コーゼライト	1.1 : 1	78	93	40	96
2	(スケルトン構造体) 88	65(t μ /inch)	SiC	スケルトン	65 t μ /inch	88	SiC	1.1 : 1	38	38	18	18
3	60.7	8	SiC	スケルトン	65 "	86	コーゼライト	1.1 : 1	95	99.5	180	250
4	61.3	31	SiC	スケルトン	25 "	90	コーゼライト	1.1 : 1	66	90	38	84
5	61.3	31	SiC	繊 維	120 μ m	65	チタノ繊維	1.1 : 1	59	87	42	88
6	61.3	31	SiC	スケルトン	65 t μ /inch	88	SiC	4 : 1	74	93	38	90
7	61.3	31	SiC	スケルトン	65 "	88	SiC	0.1 : 1	42	44	25	27

注1) 実施例5で用いたチタノ繊維は、平均繊維径11 μ mの単繊維を2本よったもの。

注2) 比較例5で用いたチタノ繊維は、平均繊維径11 μ mの単繊維を15本よったもの。

〔発明の効果〕

以上詳述したように、本発明の排ガス浄化装置は、排ガス流路の上流側にセラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維成形体を配し、下流側にハニカム状フィルターを配しているのので、排ガス等の気体に含まれる微粒子を効率よく捕集・除去することができる。

また、ハニカム状フィルター等の再生燃焼処理に伴う不燃性微粒子のハニカム状フィルター隔壁への付着・蓄積を極めて低く抑えることができ、ハニカム状フィルターの長寿命化を図ることができる。しかも、圧力損失が上昇した場合には、セラミックスケルトン構造体またはセラミック繊維成形体のみを交換すればよいので、コスト的にも有利である。

さらに、本発明の排ガス浄化装置は、セラミック繊維成形体またはセラミックスケルトン構造体とハニカム状フィルターとを備えて構成されているので、高温焼却炉や高温反応炉等において使用される高温付着性のある粒子を含んだガスをろ過

する浄化装置としても有用である。

4. 図面の簡単な説明

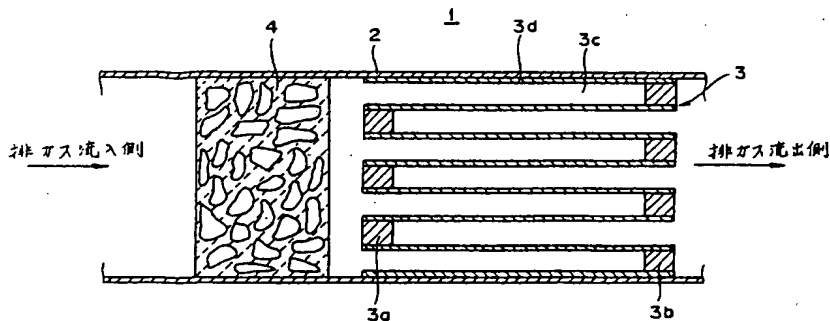
第1図は、本発明の排ガス浄化装置の一例の要部を示す縦断面図である。第2図は、本発明の排ガス浄化装置の他の例の要部を示す縦断面図である。第3図は、実施例、比較例において使用した排ガス浄化装置を示す模式的に示す縦断面図である。第4図及び第5図は、実施例1と比較例1で測定した捕集効率と初期圧力損失を示す図である。第6図はセラミックスケルトン構造体の一部拡大側面図である。第7図は、一般的なハニカム状フィルターを説明するための正面図であり、第8図は、気体の流入、流出状態を示す模式図である。

1－排ガス浄化装置

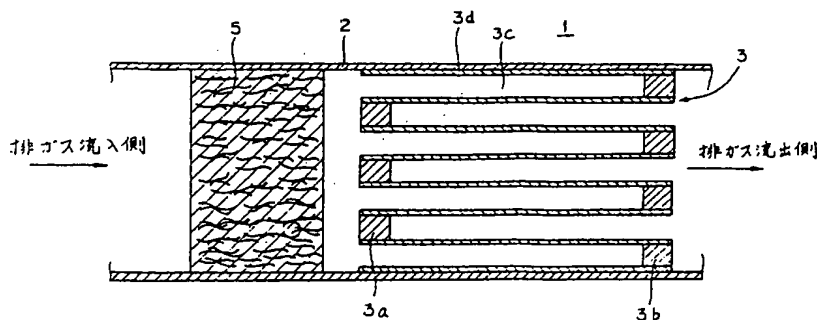
3－ハニカム状フィルター

4－セラミックスケルトン構造体

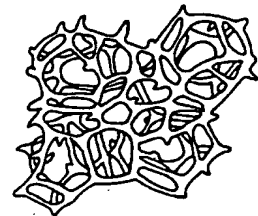
5－セラミック繊維成形体



第1図

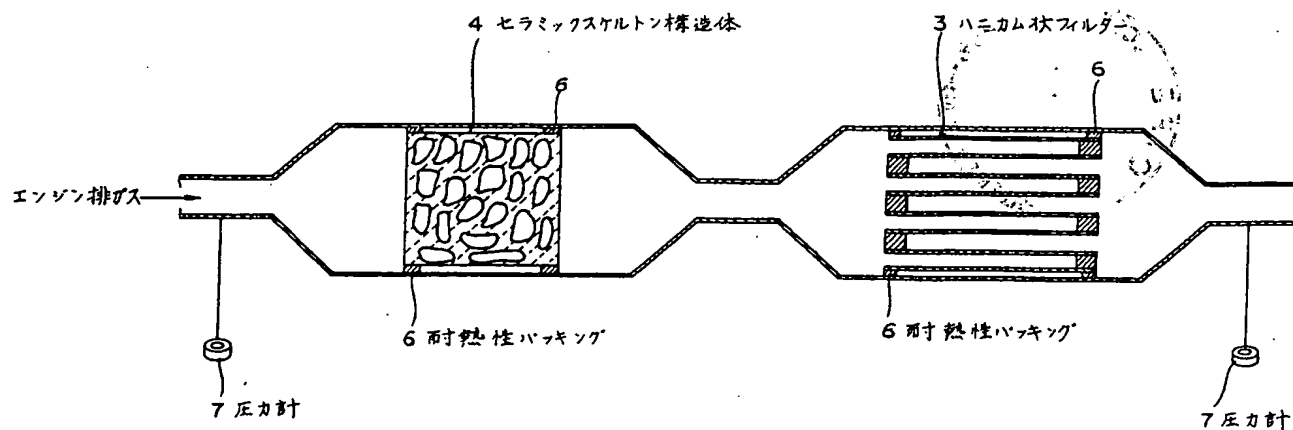


第2図

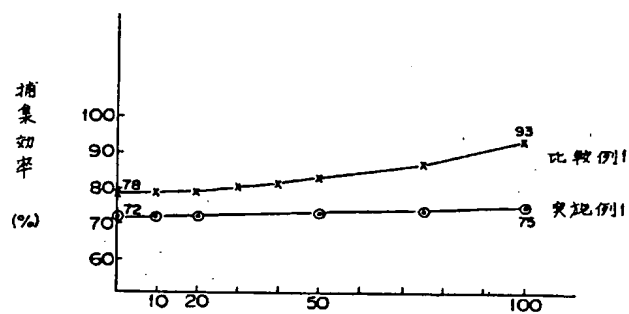


4

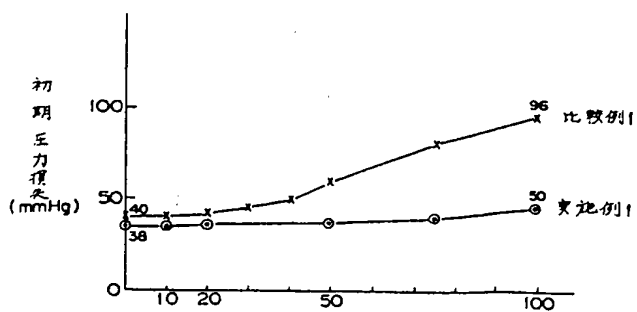
第6図



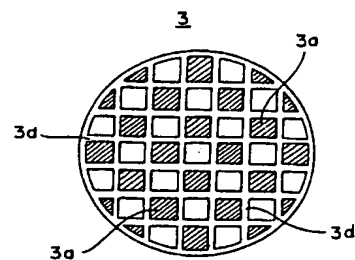
第 3 図



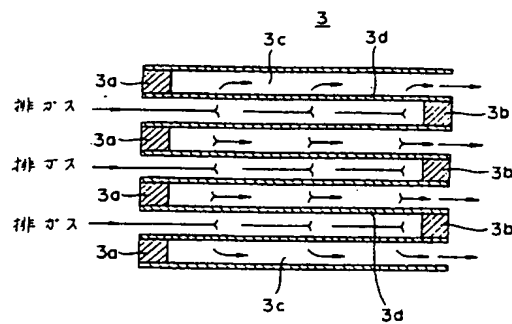
第 4 図



第 5 図



第 7 図



第 8 図